

Projet eLISA

*Satellite pour la détection d'ondes
gravitationnelles*

Louis Gildas
Arias Zapata Jean Philippe

Introduction

- Qu'est-ce qu'une onde gravitationnelle ? *Propagation de la déformation de l'espace-temps par le mouvement relatif de plusieurs masses entre elles.*
- Comment la caractériser ? *Amplitude et fréquence.*
- Quelle est la manifestation de son passage ? *Variation relative de la distance.*

- Introduction
- I) Un satellite pour la détection d'ondes gravitationnelles ?
 - a) Différents types de sources = différentes fréquences*
 - b) Détecteurs terrestres et leurs limites*
 - c) Un détecteur spatial*
- II) Projet Lisa: choix de la technologie et d'orbite
 - a) La taille de ses bras*
 - b) La forme de Lisa*
 - c) Le Drag Free System*
 - d) Son orbite*
- Conclusion

I) Un satellite pour la détection d'ondes gravitationnelles ?

a) *Différents types de sources = différentes fréquences*

- Périodiques: binaires (de 10^{-4} à 10^{-3} Hz), étoiles à neutrons asymétriques en rotation (supérieure au Hz)...
- Sursauts: supernova = effondrement d'une étoile pour aboutir à une étoile à neutron (supérieure au Hz), effondrement d'une étoile à neutron vers un trou noir (supérieure au kHz), coalescences de binaires plus ou moins massives (pour les moins massives supérieure au Hz, fréquence inférieure pour les plus massives) etc.
- Fond gravitationnel: superposition de sources ponctuelles (fond galactique et extragalactique), origine cosmologique (très basses fréquences).

I) Un satellite pour la détection d'ondes gravitationnelles ?

b) Détecteurs terrestres et leurs limites

- Détecteurs à barre résonnante: AURIGA (INFN Italy, 1997), EXPLORER (CERN) et NAUTILUS (INFN Italy)
- Détecteur interférométrique de type Michelson : quelques interféromètres Virgo (Italie; bras de 3 km), LIGO (USA; deux de 4 km, un de 2 km), GEO (Allemagne; 600 m), TAMA (Japon; 300 m). Sensibles de qques Hz à qques kHz.
- Limites: ondes gravitationnelles indétectables car interférences sismiques à fréquence < Hz.

I) Un satellite pour la détection d'ondes gravitationnelles ?

c) Un détecteur spatial

- Interféromètre de Michelson à bras de 5 millions de km: détecteur à basse fréquence (à haute longueur d'onde).
- Se soustraire au bruit sismique dans l'espace.
- Chute libre pure: *mesure du décalage de la frange avec le moins de bruit possible, avec la seule force gravitationnelle qui agit sur les satellites* (nécessité de très haute précision, décalage dans l'ordre du picomètre).

II) Projet Lisa: choix de la technologie et d'orbite

a) La taille de ses bras

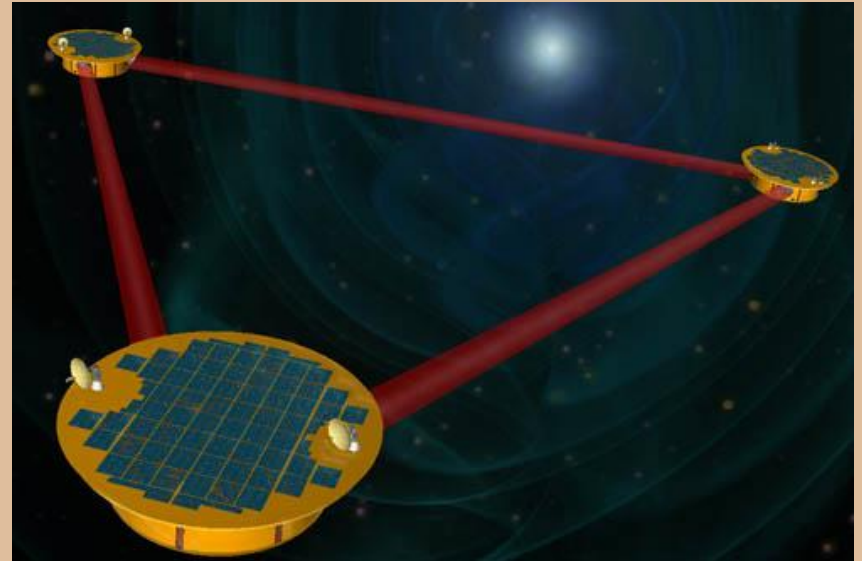
Comment choisir la taille des bras du système ?

- Taille de chaque bras dans l'ordre de grandeur ou supérieure à la longueur d'onde (peut être légèrement inférieure, mais présente difficultés).
- Détection prévue pour **des fréquences entre 10^{-5}Hz et 10^{-1}Hz** pour détecter des binaires, des coalescences de binaires massives, les fonds gravitationnels.
- Pour fréquence maximale, taille d'un bras vaut 5 millions de km.

II) Projet Lisa: choix de la technologie et d'orbite

b) La forme de Lisa

- Taille des bras de Lisa a des conséquences: énorme perte de puissance sur 5 millions de km.
- Séparer en deux un faisceau laser = pas d'interférence (il ne reste que qques photons...)
- Solution: système en forme d'un triangle équilatéral (bras restent de même taille), deux liens laser par satellite.

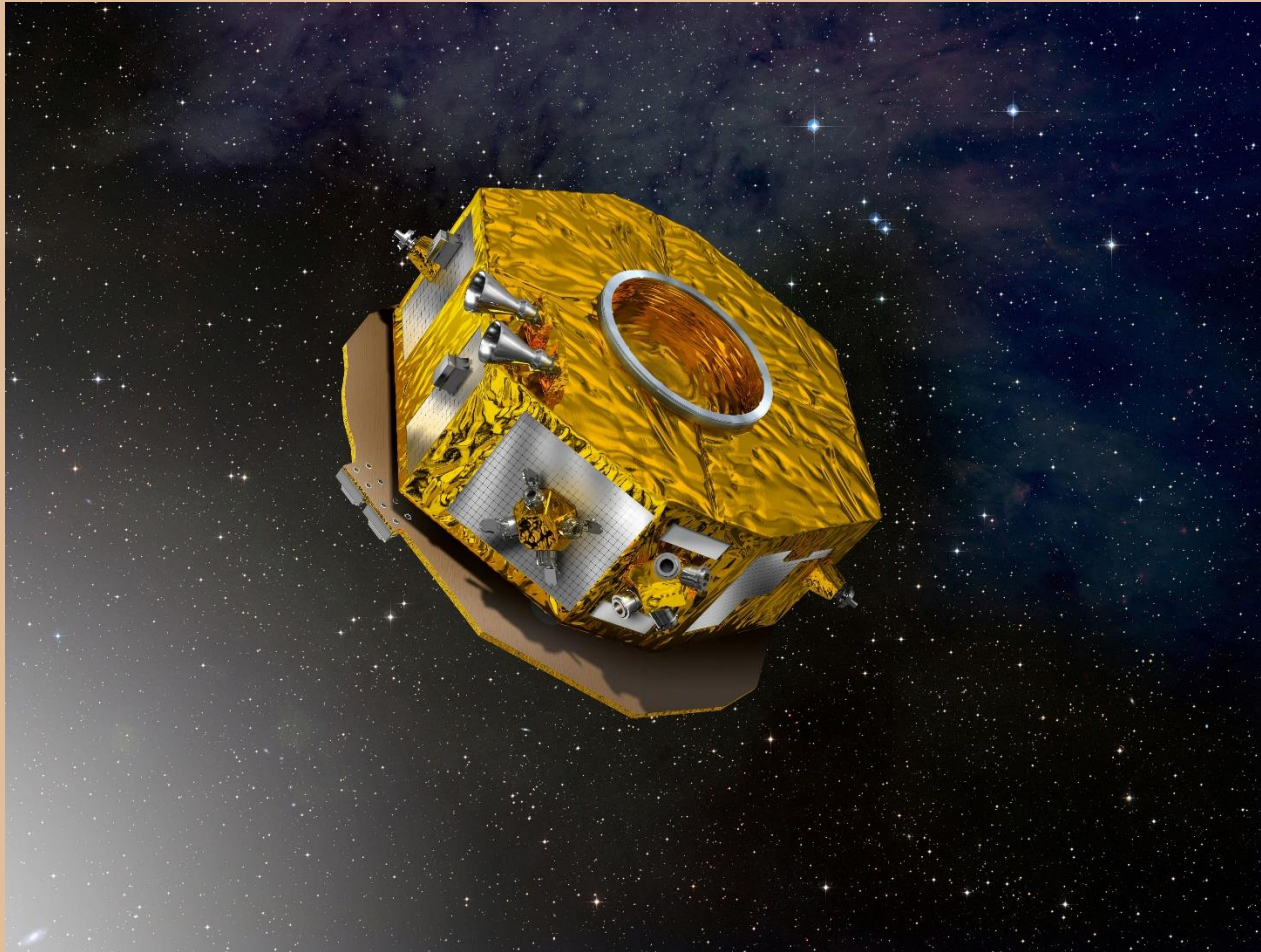


II) Projet Lisa: choix de la technologie et d'orbite

c) Le Drag Free System

- Nécessité d'une orbite suivant une chute libre pure.
- Problème: vents solaires et pression de radiation des photons solaires.
- Comment s'en débarrasser ? Le Drag Free System: *adaptation en temps réel de chaque satellite par rapport à une masse qui suit, elle, une chute libre.*

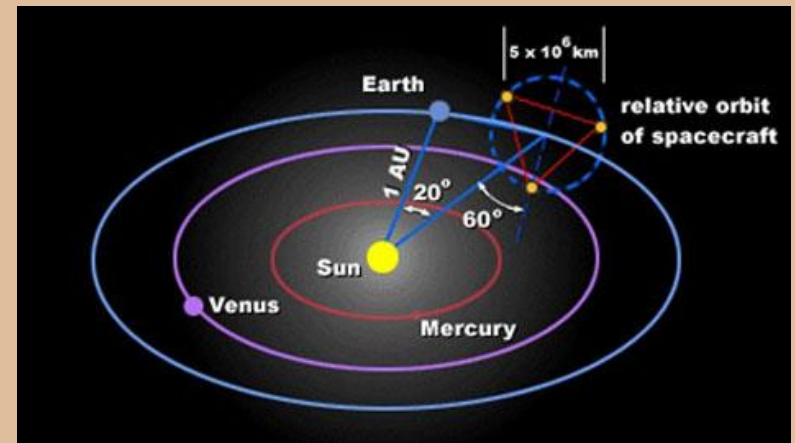
Drag Free System



II) Projet Lisa: choix de la technologie et d'orbite

d) Son orbite

- Même orbite du centre de masse que la Terre mais avec un retard de 20 jours.
- Ascension droite des satellites constante et égale à 60 degrés.
- Orbite circulaire autour du centre de gravité.



Conclusion

- Projet toujours en développement et extrêmement ambitieux (beaucoup de paramètres très précis en jeu) qui permettrait par exemple de visualiser le fond cosmologique.
- Question d'ouverture: énergie récupérée par les ondes gravitationnelles = énergie noire ?

Sources

- *Thèse de Antoine PETITEAU : De la simulation de LISA à l'analyse des données.*

- Images: <http://lisa.nasa.gov/>,
[http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2013/11/Artist s impression of LISA Pathfinder2](http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2013/11/Artist_s_impression_of_LISA_Pathfinder2) et <http://www.planetastronomy.com/astronews/astrn-2007/21/astronews-net-23sep07.htm>